

DETEKSI PELANGGARAN MARKA JALAN BERBASIS PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN METODE DETEKSI GARIS TEPI CANNY DAN TRANSFORMASI HOUGH

DETECTION OF LANE MARKING VIOLATION BASED ON IMAGE PROCESSING USING CANNY EDGE DETECTION AND HOUGH TRANSFORM

Iqbal Muhammadin¹, Iwan Iwut Tritoasmoro², Syamsul Rizal³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

¹iqbalmuhammadin@student.telkomuniversity.com, ²iwaniwut@telkomuniversity.ac.id, ³syamsul@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada tahun 2018, Indonesia tercatat sebagai negara peringkat ke -3 yang memiliki angka kecelakaan lalu lintas tertinggi di seluruh dunia. Salah satu faktor penyebab kecelakaan lalu lintas yaitu pelanggaran lalu lintas yang dilakukan oleh pengendara dengan tidak mengindahkan peraturan lalu lintas khususnya pada peraturan melintasi marka jalan yang terlarang. Maka dari itu, diperlukan sistem yang dapat memantau arus lalu lintas secara intensif untuk mempermudah pihak aparaturnegara yang berwenang dalam membuat kebijakan berlalu lintas yang lebih baik dimasa yang akan datang. Penelitian ini menggunakan data rekaman video CCTV untuk mendeteksi pelanggaran marka jalan berbasis pengolahan citra.

Pemrosesan sistem menggunakan perangkat lunak pengolah citra. Proses pengolahan citra dalam mendeteksi garis marka jalan menggunakan metode deteksi garis tepi *Canny*. Selain itu juga dilakukan perbandingan hasil pengujian terhadap metode deteksi garis tepi *Prewitt*, *Roberts*, dan *Sobel*. Metode transformasi *Hough* digunakan untuk membuat *plotting* garis lurus diatas marka jalan yang telah terdeteksi sebagai penanda pada area yang digunakan sebagai bahan pengujian. Sistem akan mendeteksi telah terjadi pelanggaran marka jalan apabila nilai piksel garis marka jalan pada citra video kurang dari nilai piksel citra *background*.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 buah video bahan uji untuk setiap metode deteksi garis tepi. Setiap video memiliki 450 frame dengan spesifikasi durasi 15 detik dan *frame rate* sebesar 30 fps. Sistem mendapatkan hasil pengujian terhadap nilai akurasi dalam mendeteksi jumlah kendaraan yang melanggar marka jalan sebesar 100% untuk pengujian pada seluruh metode deteksi garis tepi yang digunakan dalam proses pengujian. Metode deteksi garis tepi yang memiliki kinerja terbaik dalam proses deteksi pelanggaran marka jalan yaitu metode deteksi garis tepi *Roberts* dengan nilai *error rate* sebesar 0 % untuk pengujian data video ke-1, 20,89 % untuk pengujian data video ke-2, 41,78 % untuk pengujian data video ke-3 dan 53,33 % untuk pengujian data video ke-4.

Kata Kunci: lampu lalu lintas, suara sirene, sistem kontrol, MFCC, Euclidean Distance, Arduino.

Abstract

In 2018, Indonesia was ranked as the 3rd country with the highest number of traffic accidents worldwide. One of the factors causing traffic accidents is traffic violations committed by motorists that ignoring traffic regulations, especially on the regulations of crossing prohibited lane markings. Therefore, a system that can monitor traffic flow intensively is needed to make it easier for the authorized state apparatus to make better traffic policies in the future. This reasearch uses CCTV video recording data to detect lane markings violations based of image processing.

system processing using image processing software. The image processing process by detecting lane markings uses Canny edge dertection method. In addition, the process

comparing of test results to the edge detection methods of Prewitt, Roberts and Sobel was also carried out. The Hough transform method is used to make straight line plotting above the lane markings that have been detected as markers in the area used as test material. The system will detect alerts for violations of road markings if the pixel value of the road markings on the video image is less than the pixel value of the background image. The system will detect for violations of lane markings if the pixel's value of the road markings on the video image is less than the pixel's value of the background image.

The test was carried out using 4 video test materials for each edge detection methods. Every video has 450 frames with the 15 seconds of duration and 30 fps specification. system gets the results of accuracy testing values in detecting the number of vehicles that violate lane markings by 100% for testing on all edge detection methods used in the testing process. The edge detection method that has the best performance in the detection of lane mark violations is the Roberts edge detection method with an error rate of 0 % for the first video data testing, 20,89 % for second video data testing, 41.78% for third video data testing and 53.33% for the fourth video data testing.

Keywords: image processing, canny edge detection, hough transform, lane markings, binary images.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2018, Indonesia tercatat sebagai negara dengan peringkat ke -3 yang memiliki angka kecelakaan lalu lintas tertinggi di dunia. Dikutip dari laman berita online Viva.co.id bahwa menurut keterangan Dirlantas Polda Metro Jaya, Kombes Pol Yusuf, pada tahun 2018 lalu, angka kecelakaan lalu lintas Tanah Air meningkat 10 persen, angka kecelakaan berkisar 25.000-30.000 korban. 58 persen adalah milenial, sementara sisanya adalah usia menengah atas [1]. Hal ini tak lain disebabkan beberapa faktor diantaranya masifnya jumlah pengguna jalan, kurangnya tingkat fokus pengemudi selama berkendara dan penyebab yang cukup signifikan adalah maraknya pelaku pelanggaran lalu lintas yang dilakukan pengguna jalan dengan melintasi marka jalan membujur yang terlarang. Permasalahan pada kasus ini akan difokuskan kepada unsur kesalahan yang disengaja, yaitu pelanggaran pengendara rambu lalu lintas marka jalan yang terlarang untuk dilalui. Maka diperlukan sistem pengamatan lalu lintas yang intensif untuk meminimalisir tingkat kecelakaan di jalan raya berupa rekaman video CCTV (*Closed-circuit television*) dan sistem pendeteksi pelanggaran marka jalan berbasis pengolahan citra.

Tessa Tioarina Simanjuntak, Bambang Hidayat, Ratri Dwi Atmaja mengidentifikasi pelanggaran marka jalan berbasis pengolahan citra. Data pengolahan citra berupa video rekaman yang diambil menggunakan kamera dengan metode proses korelasi 2 citra *image difference* yang membedakan *frame* saat ini dengan *frame* sebelumnya dan *frame* saat ini dengan *frame background* guna mengetahui perubahan *frame*. Nilai *threshold* Perubahan citra tersebut digunakan sebagai parameter untuk pengklasikasian terkait indikasi pelanggaran marka jalan. Apabila sistem telah mendeteksi adanya pelanggaran marka jalan, maka dilakukan proses pengukuran ukuran kendaraan yang terbagi menjadi 2 jenis yaitu mobil kecil dan mobil besar. Kedua metode tersebut memiliki nilai tingkat keberhasilan dengan eprsentase 82,5% pada kondisi cahaya siang hari dan 50% pada kondisi sore hari. Nilai akurasi rata-rata pengidentifikasian pelanggaran marka jalan sebesar 86%, serta nilai akurasi rata-rata sistem mendeteksi ukuran kendaraan sebesar 92% [2].

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan pembagian sistem menjadi 2 subsistem. Subsistem yang pertama adalah pemecahan kandungan video menjadi bentuk kumpulan dari beberapa *frame*. Pemecahan ini dilakukan untuk menentukan *frame* citra *background* yang akan digunakan sebagai bahan pengolahan citra pendeteksi pelanggaran marka jalan. Pemilihan *frame* citra *background* dilakukan dengan cara memilih kondisi ketika jalan raya sedang sepi atau tidak ada kendaraan yang sedang melintas.

Subsistem yang kedua merupakan proses pengolahan citra pendeteksi pelanggaran marka jalan. Sistem akan mendeteksi untuk setiap komponen yang dijadikan parameter sebagai pendeteksi pelanggaran marka jalan diantaranya marka jalan membujur lurus yang

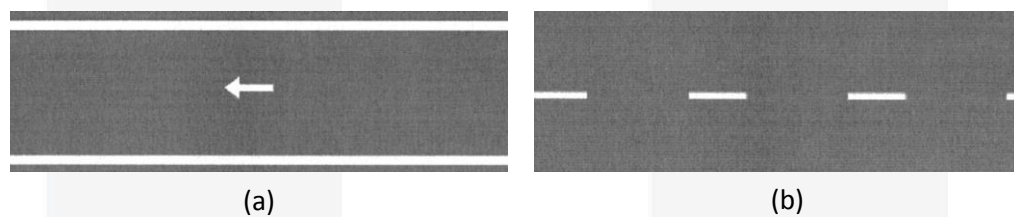
terlarang dan objek kendaraan yang sedang melintas. Sistem mendeteksi marka jalan membujur lurus terlarang dengan menggunakan metode deteksi garis tepi *Canny* dan transformasi *Hough*. Keluaran dari metode deteksi garis tepi *Canny* berupa citra biner. Citra biner tersebut digunakan untuk menghitung total piksel yang berada marka jalan membujur lurus terlarang tersebut. Total piksel marka jalan citra biner tersebut akan digunakan sebagai parameter nilai *threshold* untuk indikasi terjadinya pelanggaran marka jalan. Selain itu sistem juga mendeteksi objek kendaraan yang melintas di jalan raya dengan metode *image subtraction*, kemudian memberikan label berupa masking pada setiap kendaraan yang sedang melintas di jalan raya tersebut. Sistem akan mendeteksi terjadinya pelanggaran marka jalan apabila sudut pandang CCTV terhadap marka jalan membujur lurus terhalang oleh objek kendaraan yang sedang melintas. Kendaraan yang menghalangi pandangan CCTV terhadap marka jalan, akan membuat nilai total piksel marka jalan pada citra biner berkurang. Apabila nilai total piksel marka jalan dibawah ambang batas beserta nilai toleransi yang telah ditentukan, maka sistem akan mendeteksi sebagai pelanggaran marka jalan.

2. Dasar Teori

2.1 Marka Jalan

Markah jalan (tidak baku: marka jalan) secara definisi dapat diartikan sebagai tanda, simbol, garis ataupun tulisan yang digunakan untuk mengatur, menunjang serta memandu ketertiban lalu lintas [3]. Marka jalan terletak pada permukaan jalan raya beraspal. Marka jalan juga digunakan untuk meningkatkan tingkat keselamatan dan kelancaran dalam arus lalu lintas.

Marka garis membujur garis utuh berfungsi sebagai garis pembatas untuk menunjukkan area atau batas posisi yang tepat bagi kendaraan untuk bergerak melintas pada jalan raya bermarka. Pada garis marka jalan membujur utuh, pengendara dilarang untuk melintasi garis marka tersebut karena termasuk dalam garis marka jalan terlarang. Sedangkan untuk garis marka jalan membujur putus-putus, pengendara diperbolehkan untuk melintasi garis marka tersebut.



Gambar 1. (a) Garis marka jalan membujur utuh (b) Garis marka jalan membujur putus-putus

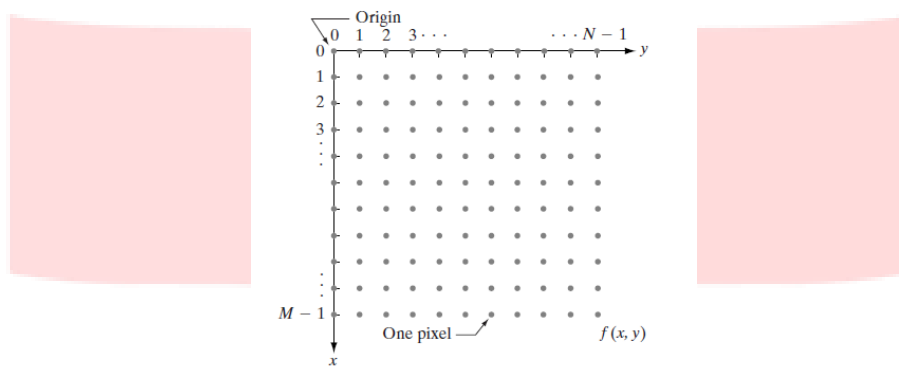
2.2 Representasi Warna Dalam Citra Digital

Pada umumnya, suatu warna direpresentasikan sebagai kombinasi dari beberapa warna primer yang memiliki intensitas yang beragam. Setiap model warna menggunakan cara yang berbeda dalam merepresentasikan warna [5].

Dapat diasumsikan bahwa suatu citra terbentuk dari fungsi array $f(x, y)$ dimana nilai x dan y yang diwujudkan dalam bentuk array M -baris dan N -kolom. Fungsi matriks M -baris X N -kolom dirumuskan:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix} \quad (1) [6].$$

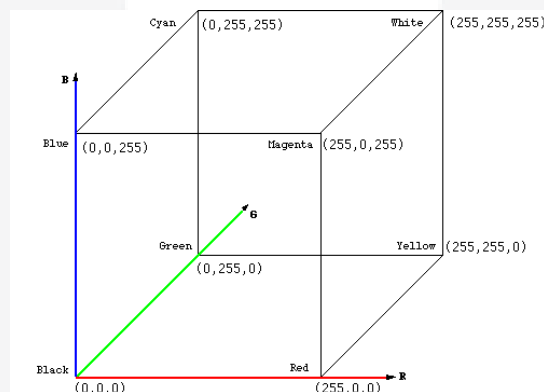
Setiap 1 titik yang dipetakan oleh koordinat garis sumbu x dan garis sumbu y disebut dengan 1 piksel. Sehingga banyaknya piksel bergantung pada perkalian matriks M-baris X N-kolom.



Gambar 2. Representasi piksel pada bingkai citra [6].

2.3 RGB

RGB atau true-colour merupakan suatu model warna array 3-D yang masing-masing merepresentasikan 3 nilai numerik intensitas piksel warna dasar pembangun yaitu warna merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue) [7].



Gambar 3. Representasi kubus warna RGB [5].

Secara umum, berbagai macam program untuk mengatur citra digital menyediakan model warna RGB 24-bit dengan rentang nilai warna dari 0 hingga 255 untuk setiap warna-warna primer (merah, hijau dan biru). Setiap warna primer ini disebut juga sebagai kanal dan setiap kanal ini memiliki nilai 8 bits [5].

2.4 Grayscale Images

Citra grayscale merupakan suatu model warna array 2-D menyatakan nilai numerik setiap piksel yang mewakili tingkat keabuan suatu citra [7]. Model warna grayscale memberikan penawaran informasi yang lebih sedikit pada tiap piksel daripada pada model warna RGB, sehingga lebih memudahkan dan mempercepat dalam pemrosesan pengolahan citra. Dalam model warna grayscale, citra hanya memiliki nilai intensitas tunggal yang merepresentasikan tingkat keabuan tiap pikselnya. Rentang nilai model warna grayscale berkisar antara 0 hingga 255. Apabila nilai warna mendekati 0, maka warna yang dihasilkan akan condong menuju warna hitam, sedangkan apabila nilai warna mendekati 255, maka warna yang dihasilkan akan condong menuju

warna putih. Citra dalam mode warna grayscale dapat direpresentasikan menggunakan konversi format warna dasar citra model RGB.



Gambar 4. Ilustrasi citra grayscale [7].

2.5 Binary Images

Binary images atau citra biner merupakan suatu model array 2-D menyatakan nilai numerik {0, 1} setiap piksel pada suatu citra. Berikut formula persamaan citra biner:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & ; \text{Jika } f(x, y) \geq Th \\ 0 & ; \text{jika } f(x, y) < Th \end{cases} \quad (2).$$

Dengan fungsi $g(x, y)$ sebagai hasil nilai intensitas citra biner pada setiap piksel yang dipetakan pada koordinat (x, y) , fungsi $f(x, y)$ sebagai citra grayscale dan variabel Th sebagai nilai Threshold atau ambang batas intensitas keabuan.

Citra biner juga disebut sebagai citra logika dengan warna hitam berkorespondensi menuju nilai numerik 0 (background pixel) dan warna putih berkorespondensi menuju nilai numerik 1 (foreground pixel). Umumnya citra biner didapat dari hasil binerisasi citra grayscale.

2.6 Derau

Noise atau Derau merupakan kendala utama dari pemrosesan suatu citra. Derau ini terbentuk berupa variasi sinyal acak yang muncul akibat intervensi atas faktor eksternal atau internal pada proses pengolahan citra. Derau yang muncul pada citra mengakibatkan kualitas citra cenderung memburuk, sehingga membutuhkan pemrosesan pengurangan dan penghapusan derau pada citra.

2.7 Pengolahan Citra

Pengolahan citra dapat diartikan sebagai suatu proses yang dilakukan oleh suatu perangkat komputer digital dengan tujuan untuk memulihkan, memperbaiki, atau meningkatkan kualitas dari suatu citra.

2.8 Operasi Morfologi Citra Teknik Closing

Merupakan salah satu teknik proses pengolahan citra yang digunakan untuk mengubah bentuk segmen suatu citra. Proses ini umum digunakan pada citra biner dan beberapa kasus juga digunakan pada citra grayscale. Hasil citra dari proses morfologi juga bergantung pada dimensi struktur elemen piksel yang digunakan.

2.9 ROI(Region Of Interest)

Metode ini digunakan untuk melakukan pemilihan bidang tertentu suatu citra dengan format pengaturan titik koordinat sumbu x dan sumbu y pada bidang kartesian. Penggunaan ROI bertujuan untuk lebih memfokuskan target pada bagian citra yang akan dituju agar pengolahan citra dapat lebih terfokus dengan sampel data yang dibutuhkan saja [9].

2.10 Canny Edge Detection

Canny Edge Detection atau deteksi garis tepi Canny merupakan salah satu metode yang digunakan mendeteksi garis tepi suatu objek yang tertangkap dengan melihat kontras diantara nilai ambang batas setiap pixel dari suatu citra [10][11].

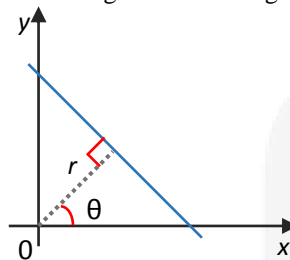
2.11 Hough Transform

Merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengekstraksi citra dengan mendeteksi garis, lingkaran, elips ataupun parabola. Transformasi Hough bekerja dengan cara mencari hubungan ketetangaan antar piksel menggunakan persamaan garis lurus untuk mendeteksi garis dan persamaan lingkaran untuk mendeteksi lingkaran [12]. Proses ini sebelumnya harus melalui proses konversi citra yang disebut thresholding untuk menentukan nilai intensitas ambang batas biner pada setiap piksel yang terpetakan oleh koordinat (x, y) [13].

Transformasi Hough direpresentasikan dengan persamaan garis lurus pada bidang kartesian seperti, sebagai berikut:

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3).$$

Dimana r merupakan garis yang merepresentasikan jarak terdekat antara titik inisial (titik tengah) bidang kartesian menuju ke titik tengah garis lurus, sudut yang terbentuk antara garis r dengan citra garis lurus yang melalui titik (x, y) bernilai sebesar 90°. Sedangkan θ merupakan nilai sudut yang berada diantara garis sumbu x bidang kartesian dengan garis r.

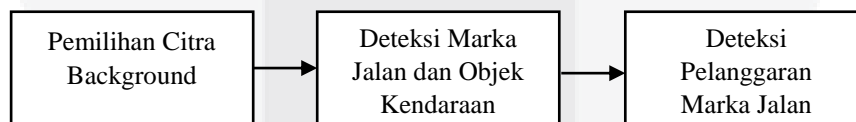


Gambar 5. Ilustrasi citra garis pada bidang kartesian.

3. Pembahasan

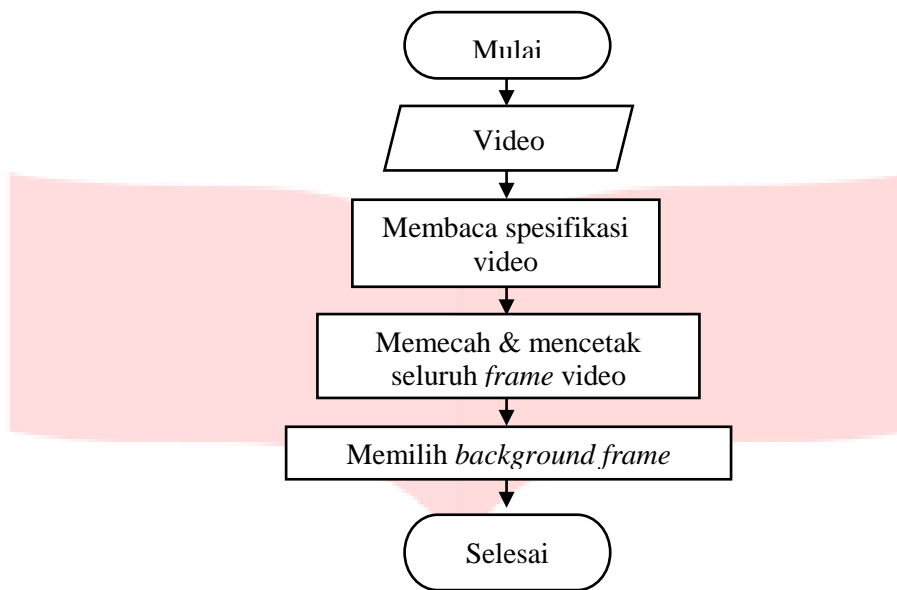
3.1 Diagram Blok Sistem

Blok diagram sistem menjelaskan mengenai proses deteksi pelanggaran marka jalan yang membutuhkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Data pengujian sistem yaitu berupa rekaman video CCTV yang terpasang di area sekitar jalan raya bermarka. Rekaman video berupa file digital yang diunduh dari jejaring internet dan posisi kamera bersifat statis. Dari rekaman tersebut akan dilakukan proses pengolahan citra pada perangkat lunak pengolah sinyal citra yang terdapat pada perangkat keras PC (Personal Computer).



Gambar 6. Blok Diagram Sistem.

Blok diagram dimulai dengan proses pemilihan citra background yang didapatkan dari salah satu *frames* video bahan uji pengujian data. Kemudian dilanjutkan dengan proses deteksi garis marka jalan dan objek kendaraan. Terakhir dilakukan proses deteksi pelanggaran marka jalan.



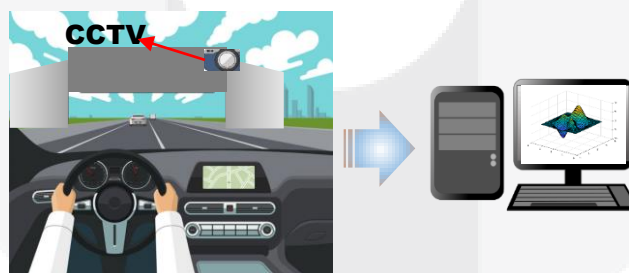
Gambar 7. Flowchart proses pemilihan citra *background*.

Pada Gambar 7 menjelaskan terkait penentuan citra *background*. Pemilihan citra *background* dilakukan berdasarkan kondisi ketika jalan raya sedang dalam kondisi sepi atau tidak ada kendaraan yang sedang melintas di jalan raya.

Proses diawali dengan pemilihan salah satu video data pengujian yang akan diproses. Sebelum pemrosesan dimulai, perlu dipastikan bahwa video tersebut mengandung frame ketika kondisi jalan raya sedang sepi. Kemudian video diinisialisasi ke dalam source code program. Pemrosesan dimulai dengan sistem membaca spesifikasi video data pengujian.

3.2 Desain Sistem

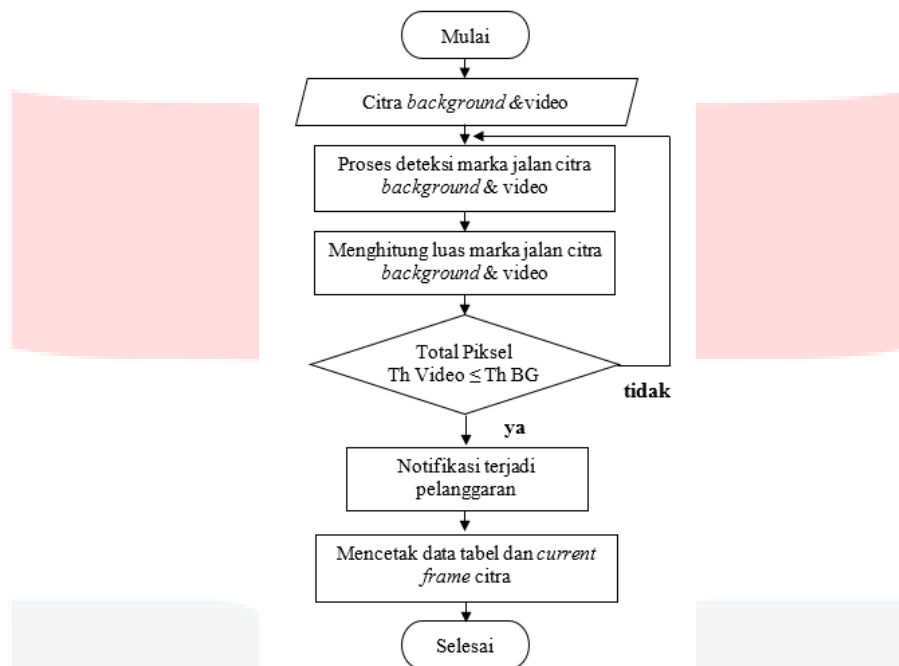
Pada Penelitian ini, Pemrosesan sistem menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk pengolahan citra dalam mendeteksi marka jalan. Bahan pengolahan citra berupa video rekaman CCTV.



Gambar 8. Blok diagram sistem.

Gambar 9 menunjukkan bagaimana setiap komponen saling berhubungan satu sama lain. Perangkat keras yang digunakan dalam pemrosesan sistem adalah PC (*Personal Computer*). Dengan masukan video hasil rekaman CCTV di jalan raya, sistem memproses video dengan menggunakan MATLAB. Output dari pengolahan citra tersebut berupa data tabel status pelanggaran marka jalan untuk setiap *frames* serta beberapa *frames* video yang dicetak ke dalam folder direktori yang sudah ditentukan.

3.3 Cara Kerja Sistem



Gambar 9. Flowchart proses deteksi pelanggaran marka jalan.

Gambar 9 merupakan pemaparan tentang proses pendeteksian pelanggaran marka jalan. Proses diawali dengan inialisasi serta membaca citra background dan video pada sistem, kemudian dilanjutkan proses pendeteksian marka jalan dan objek kendaraan pada citra background serta video dengan menggunakan metode deteksi *Canny edge detection* dan *Hough transform*. Dalam proses tersebut juga dilakukan proses pengolahan citra metode *image subtraction* dengan cara melakukan operasi pengurangan citra antara *frame background* dengan *frame video*. Sedangkan untuk mendeteksi garis marka jalan dan memberi *plotting* area garis marka menggunakan metode *Hough transform*.

Setelah garis marka jalan terdeteksi dan pemrosesan *plotting* garis marka jalan berhasil, maka sistem mulai menghitung jumlah total piksel marka jalan masing-masing pada citra background dan setiap frame video.

Dari nilai piksel tersebut, dijadikan sebagai nilai *threshold* untuk menentukan kondisi sistem mendeteksi pelanggaran marka jalan. Apabila nilai jumlah total piksel marka jalan pada frame video lebih kecil daripada jumlah total piksel marka jalan pada citra background, maka sistem akan mendeteksi bahwa telah terjadi pelanggaran marka jalan.

Kemudian ketika sistem telah mendeteksi terjadi pelanggaran marka jalan, maka sistem akan memunculkan notifikasi bahwa status citra telah terjadi pelanggaran marka jalan yang ditampilkan di area *command window* pada perangkat lunak pengolah citra. Selain itu, juga dilakukan proses pencetakan *current frame* citra tersebut kedalam folder direktori yang telah diarahkan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Nilai Akurasi Pengujian Sistem Deteksi Pelanggaran Marka Jalan

video	Jumlah kendaraan melanggar (pengamatan manusia)	Jumlah kendaraan melanggar (pengamatan sistem)	akurasi (%)	error rate (%)
trafik_lalu_lintas 15dtk_6	11	11	100	0%
trafik_lalu_lintas 15dtk_7	6	6	100	0%
trafik_lalu_lintas 15dtk_8	2	2	100	0%
trafik_lalu_lintas 15dtk_9	2	2	100	0%

Tabel 1. Nilai akurasi sistem dengan metode deteksi garis tepi canny.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan 4 buah video bahan uji. Dari Tabel 1 menjelaskan hasil pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_6” dengan metode deteksi garis tepi Canny, diperoleh hasil jumlah kendaraan yang teridentifikasi melakukan pelanggaran marka jalan dengan pengamatan manusia sebanyak 11 kendaraan dan jumlah kendaraan yang teridentifikasi melakukan pelanggaran marka jalan dengan pendeteksian sistem sebanyak 11 kendaraan. Sehingga didapat nilai akurasi sistem dalam mendeteksi jumlah kendaraan yang melanggar marka jalan adalah sebesar 100 %. Untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_7” pada pengamatan manusia terdapat 6 kendaraan pelanggar marka jalan dan untuk pengamatan sistem juga terdapat 6 kendaraan pelanggar marka jalan, sehingga diperoleh nilai akurasi 100%. Untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_8” pada pengamatan manusia terdapat 2 kendaraan pelanggar marka jalan dan untuk pengamatan sistem juga terdapat 2 kendaraan pelanggar marka jalan, sehingga diperoleh nilai akurasi 100%. Pada pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_9” pada pengamatan manusia terdapat 2 kendaraan pelanggar marka jalan dan untuk pengamatan sistem juga terdapat 2 kendaraan pelanggar marka jalan, sehingga diperoleh nilai akurasi 100%. Selain itu, untuk parameter nilai *error rate* pada seluruh video data uji masing-masing sebesar 0%.

4.2. Nilai Error Rate Pengujian Sistem Deteksi Pelanggaran Marka Jalan

Tabel 2. Jumlah frame kegagalan sistem mendeteksi status pelanggaran video trafik_lalu_lintas15dtk_6 metode canny.

kesalahan deteksi trafik_lalu_lintas 15dtk_6	
frame	jumlah
91	1
Total	1

Dari data pada Tabel 2, didapatkan data hasil pengujian dengan jumlah frame hasil keluaran kegagalan sistem dalam mendeteksi status pelanggaran marka jalan sebanyak 1 frame. Sehingga didapatkan nilai error rate sistem pada pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_6” sebesar 0,22 % dan nilai akurasi sistem sebesar 99,77%.

Tabel 3. Jumlah frame kegagalan sistem mendeteksi status pelanggaran video trafik_lalu_lintas15dtk_7 metode canny.

kesalahan deteksi trafik_lalu_lintas 15dtk_7	
frame	jumlah frame
71-105	35
107-112	6
114-116	3
122	1
124-128	5
130-131	2
136-137	2
139	1
217-224	8
227-267	41
298	1
300	1
302	1
312	1
314-319	6
321-341	21
345	1
347	1
Total	137

Dari data pada Tabel 3, didapatkan data hasil pengujian dengan jumlah frame hasil keluaran kegagalan sistem dalam mendeteksi status pelanggaran marka jalan sebanyak 137 frame. Sehingga didapatkan nilai error rate sistem pada pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_7” sebesar 30,44 % dan nilai akurasi sistem sebesar 69,55%.

Tabel 4. Jumlah frame kegagalan sistem mendeteksi status pelanggaran video trafik_lalu_lintas15dtk_8 metode canny.

kesalahan deteksi trafik_lalu_lintas 15dtk_8	
frame	jumlah frame
1	1
6	1
14-15	2
42	1
88-89	2
91-95	5
99	1
101-108	8
113-132	20
134	1
136-140	5
142	1
144-194	51
197	1
199-214	16
216	1
218-240	23
242-248	7
254	1
259	1
269	1
272	1
274	1
301-430	130
Total	283

Dari data pada Tabel 4, didapatkan data hasil pengujian dengan jumlah frame hasil keluaran kegagalan sistem dalam mendeteksi status pelanggaran marka jalan sebanyak 283 frame. Sehingga didapatkan nilai error rate sistem pada pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_8” sebesar 62,89 % dan nilai akurasi sistem sebesar 37,11%.

Tabel 5. Jumlah frame kegagalan sistem mendeteksi status pelanggaran video trafik_lalu_lintas15dtk_9 metode canny.

kesalahan deteksi trafik_lalu_lintas 15dtk_9	
frame	jumlah frame
91-171	81
200-230	31
247-250	4
269-397	129
410-450	41
Total	286

Dari data pada Tabel 4.5, didapatkan data hasil pengujian dengan jumlah frame hasil keluaran kegagalan sistem dalam mendeteksi status pelanggaran marka jalan sebanyak 286 frame. Sehingga didapatkan nilai error rate sistem pada pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_9” sebesar 63,55 % dan nilai akurasi sistem sebesar 36,44%.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Pada Pengerjaan Tugas Akhir ini, telah dirancang suatu sistem yang digunakan untuk mendeteksi pelanggaran marka jalan berbasis pengolahan citra. Proses pendeteksian menggunakan bahan pengujian berupa video CCTV sebanyak 4 buah rekaman video. Hasil akurasi sistem dalam mendeteksi jumlah kendaraan pelanggar marka jalan sebesar 100%. Selain itu hasil pengujian nilai *error rate* terhadap kesalahan sistem dalam mendeteksi status pelanggaran pada setiap *frame* video, diperoleh nilai sebesar 0,22 % untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_6”, 30,44 % untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_7”, 62,89 % untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_8” dan 63,55 % untuk pengujian video “trafik_lalu_lintas 15dtk_9”.

Daftar Pustaka

- [1] R. Saputra and S. F. Nurhuda, "Indonesia Peringkat Tiga Terbesar Kecelakaan di Dunia," *viva.co.id*, 18 mart 2019. [Online]. Available: <https://www.viva.co.id/otomotif/1131203-indonesia-peringkat-tiga-terbesar-kecelakaan-di-dunia>. [Accessed 2 september 2019].
- [2] T. T. Simanjuntak, B. Hidayat and R. D. Atmaja, "DETEKSI PELANGGARAN MARKA JALAN RAYA BERBASIS KORELASI CITRA," *Telkom OpenJournal*, pp. 1-10, 2012.
- [3] E. Kusnandar, "MARKA JALAN", Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Penelitian dan Pengembangan, 2016.
- [4] J. Valdman, *Application from Engineering with MATLAB Concepts*, Rijeka: InTech, 2016.
- [5] W. Yue-Ling, "Representasi warna dalam gambar digital," wikipedia, 25 oktober 2009. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Representasi_warna_dalam_gambar_digital. [Accessed 25 oktober 2019].
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing (Second Edition)*, New Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- [7] C. Solomon and T. Breckon, *FUNDAMENTAL OF DIGITAL IMAGE PROCESSING (A PRACTICAL APPROACH WITH EXAMPLES IN MATLAB)*, Chicester: John Wiley & Sons, 2011.
- [8] A. Mahmoud, L. Ehab, M. Reda and M. Abdelaleem, "Real-Time Lane Detection-Based Line Segment Detection," in *New Generation of CAS (NGCAS)*, Valetta, 2018.
- [9] Y. YENIAYDIN, "A lane detection algorithm based on reliable lane markings," in *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Izmir, 2018.
- [10] P. T. Mandlik and P. A. B. Deshmukh, "Raspberry-Pi Based Real Time Lane Departure Warning System using Image Processing," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 5, no. 06, pp. 762-766, 2016.
- [11] C. Guo, "Lane Detection and Tracking in Challenging Environments based on a Weighted Graph and Integrated Cues," in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Taipei, 2010.
- [12] K. L. Kim, N. Ismail, Rahman and E. Saadon, "Lane Guidance Warning System," in *International Conference on Computer and Communication Engineering*, Kuala Lumpur, 3-5 July 2012.
- [13] G. Deng, "Double Lane Line Edge Detection Method Based on Constraint Conditions Hough Transform," in *17th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science*, Wuxi, 2018.
- [14] H. Pandriantama and M. S. WS, "APLIKASI TRANSFORMASI HOUGH PADA ROBOT VISION LANE TRACKING," *Al Jazari Journal of Mechanical Engineering*, vol. III, no. 2, pp. 52-56, 2018.
- [15] X. Yan and Y. Li, "A method of lane edge detection based on Canny algorithm," in *Chinese Automation Congress (CAC)*, Jinan, 2017.